

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-194062

(43) 公開日 平成8年(1996)7月30日

(51) Int. Cl. ⁶

G01S 17/10

13/10

// G01S 13/14

13/18

識別記号

庁内整理番号

9108-2F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全8頁)

(21) 出願番号 特願平7-22182

(22) 出願日 平成7年(1995)1月17日

(71) 出願人 000001177

株式会社光電製作所

東京都品川区上大崎2丁目10番45号

(72) 発明者 流郷 繁

神奈川県川崎市高津区諏訪2-9-7

(72) 発明者 石川 義直

東京都福生市武蔵野台1-27-5 ルネ福生A-503

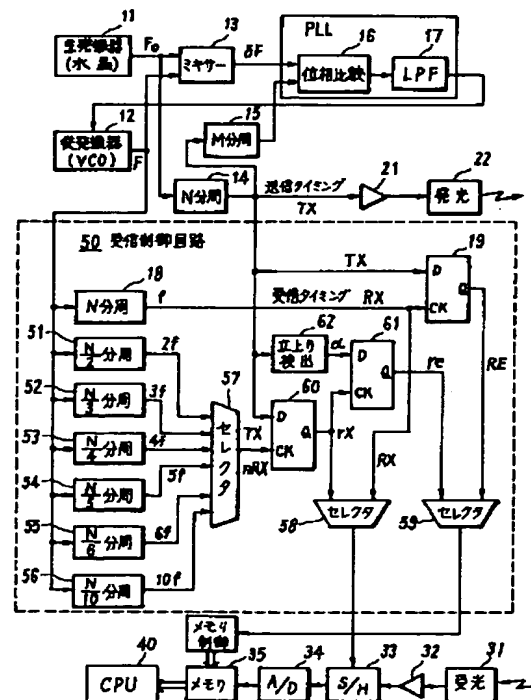
(74) 代理人 弁理士 櫻井 俊彦

(54) 【発明の名称】 パルスレーダー

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 近距離ほど検出所要時間の短縮が可能なパルスレーダーを提供する。

【構成】 パルス・レーザレーダーの送信部は、主発振器11、従発振器12、ミキサー13、N分周器14、M分周器15、位相比較器16、低域通過濾波器17、N分周器18、基準時点検出回路19、増幅器21、発光回路22から成る。更に、受信部は受光回路31、増幅器32、サンプルホールド回路33、量子化回路34、メモリ35、メモリ制御回路36、CPU40、受信制御回路50から成る。受信制御回路50は、N/n分周器51乃至56、セクタ57、58、59、Dフリップフロップ60、61、立上り検出回路62から構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ほぼ一定の周波数の主発振信号を出力する主発振器と、

前記主発振信号の周波数よりもわずかに低い周波数の従発振信号を出力する可変発振周波数の従発振器と、

前記主発振信号及び従発振信号の周波数の差と前記主発振信号の周波数の整数分の 1 とがほぼ一致するように前記従発振信号の周波数を変化させる帰還ループと、

前記主発振信号を分周して得た送信タイミング信号に同期してパルス信号を送信する送信手段と、

外部から受けた選択指令に従い、前記従発振信号を前記主信号の場合と同一の分周比率で分周して得た受信タイミング信号を出力するか、又はこの受信タイミング信号の整数倍の周波数の信号に同期して前記送信タイミング信号を保持することによって得た疑似受信タイミング信号を出力すると共に、前記送信タイミング信号及び受信タイミング信号が一致する時点を経験時点として検出し通知するか、又は隣接経験時点間の期間の整数分の 1 の期間の終端を疑似経験時点として検出し通知する受信制御回路と、

この受信制御回路から出力される前記受信タイミング信号又は疑似受信タイミング信号に同期して受信した反射パルス信号を保持する受信回路と、

前記通知された経験時点からその直後の経験時点までの期間又は前記通知された疑似経験時点からその直後の疑似経験時点までの期間にわたって前記受信回路が保持した反射パルス信号の出現の時点を検出することを反復することによりこの反射パルス信号を発生させた物体までの距離を算定する距離算定手段とを備えたことを特徴とするパルスレーダー。

【請求項 2】 請求項 1 において、

前記経験時点検出手段は、

前記受信タイミング信号の n 倍 (n は自然数) の周波数の第 1 の信号を得る手段と、

この第 1 の信号に同期して前記送信タイミング信号を保持し前記疑似受信タイミング信号として出力する第 1 の保持手段と、

前記送信タイミング信号の立上り時点の検出信号を前記疑似受信タイミング信号に同期して保持し前記疑似経験時点の検出を通知する信号として出力する第 2 の保持手段とを備えたことを特徴とするパルスレーダー。

【請求項 3】 請求項 1 及び 2 のそれぞれにおいて、前記送信手段はパルス状のレーザ光を送信するレーザダイオードを備え、前記受信手段は反射レーザ光を受信する受光ダイオードを備えたことを特徴とするパルスレーダー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、接岸速度計などに利用されるパルスレーダーに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 接岸速度計などの光学レーダー装置に利用されているパルス・レーザレーダーでは、本出願人の先願に係わる特願平 2-90265 号に開示されているように、時間軸を見かけ上拡大するという特殊な処理により距離の検出精度と分解能の向上が図られている。このレーザレーダーでは、パルス状のレーザ光が一定周期 τ_0 の送信周期で反復的に送信され続けると共に、接岸中の船舶などの標的で生じた反射レーザ光が上記送信周期 τ_0 よりも僅かに大きな一定周期 τ の受信周期で次々にサンプルホールドされてゆく。

【0003】 上記送信周期と受信周期との微小な差 ($\tau - \tau_0$) を $\delta\tau$ とすれば、時間軸上の τ_0 の区間に反復して出現する反射レーザ光が時間上で毎回 $\delta\tau$ ずつ遅延されたタイミングでサンプルホールドされてゆく。すなわち、検出対象の区間 τ_0 が毎回 $\delta\tau$ の幅で多数回にわたって掃引されていく。すなわち、1 回の距離測定に必要な反射パルス光のサンプルホールドは $\tau_0 / \delta\tau$ 回にわたって反復されることになる。また、反射レーダー光中の時間幅 $\delta\tau$ の部分が送信周期 τ_0 に拡大されるため、時間軸が見かけ上 $\tau_0 / \delta\tau$ 倍に拡大される。さらに、光の伝播速度と送信周期 τ_0 とから検出可能な最大距離すなわち、 τ_0 の時間内にレーザ光が往復可能な距離が決定される。例えば、送信周期 τ_0 は $5\mu s$ に固定されており、この場合、検出可能な最大距離は 750 m となる。そして、1 回の距離測定に必要な時間は $\tau_0 \times \tau_0 / \delta\tau$ となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記先願のレーザレーダーでは、レーザパルスの送信周期 τ_0 が、検出最大距離に無関係に固定されているため、近距離の物体についても遠距離の物体と同じ検出時間が必要になるという無駄がある。この無駄を解消するために、距離に応じてパルスレーザ光の送信周期 τ_0 を短縮するという対策が考えられる。しかしながら、ピーク値 100 W の大出力のパルス状のレーザ光を、近距離の検出のために $5\mu s$ 以下の周期で発生させることは、現状では技術的に極めて困難である。

【0005】 また、技術的に可能であっても、ピーク値が 100 W の大出力のレーザパルスを $5\mu s$ 以下の周期で発生させることは、作業者の目の焼損事故を回避するという安全面からも大きな問題がある。従って、本発明の一つの目的は、一定の送信周期 τ_0 のもとで、近距離ほど検出所要時間の短縮が可能なストロブパルス発生回路及びこれを用いたレーザレーダーを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明のパルスレーダーは、帰還ループを介してほぼ一定の差周波数の関係に保たれる主従の発振器と、各発振器の出力を分周した送受

信タイミング信号のそれぞれに同期してパルスを送信し
かつサンプルホールドする送受信手段と、外部から受け
た選択指令に従い、従発振信号を主信号の場合と同一の
分周比率で分周して得た受信タイミング信号を出力する
か又はこの受信タイミング信号の整数倍の周波数の信号
に同期して前記送信タイミング信号を保持することによ
って得た疑似受信タイミング信号を出力すると共に、送
信タイミング信号及び受信タイミング信号が一致する時
点を基準時点として検出し通知するか又は隣接基準時点
間の期間の整数分の 1 の期間の終端を疑似基準時点と
して検出し通知する受信制御回路と、この受信制御回路
から出力される前記受信タイミング信号又は疑似受信タイ
ミング信号に同期して受信した反射パルス信号を保持す
る受信回路と、この通知された基準時点又は疑似基準時
点の一つからその直後の基準時点又は疑似基準時点の一
つまでの期間にわたって受信回路が保持した反射パルス
信号の出現の時点を検出することを反復することにより
この反射パルス信号を発生させた物体までの距離を算定
する距離算定手段とを備えている。

【 0 0 0 7 】

【作用】本発明のパルスレーダーでは、送信タイミン
グ信号の周期である時間軸上の区間 τ_0 が、送信のたび
ごとに、送受信の周期の微小なずれ量 $\delta \tau$ で掃引されて
いく。この掃引対象の区間 τ_0 は、電気回路の性能や作
業者の安全面などから、検出可能な最大距離を確保す
るために必要な時間よりも長くなる。そこで、電気回路
の性能や作業者の安全面を考慮してパルスの送信周期
 τ_0 は不変に保たれる一方で、原理的には τ_0 の最大区
間にわたって可能な掃引が最大区間の整数分の 1 の小
区間で打ち切られる。この掃引の途中打ち切りが行われ
た小区間の後の区間は、反射パルスが出現しないか、
出現しても検出の対象にならない遠距離の区間に対応
するため、この途中打ち切りはなんらの検出機能を低
下させることがない。以下、本発明を実施例と共に更
に詳細に説明する。

【 0 0 0 8 】

【実施例】図 1 は、本発明のパルス・レーダーの一
実施例に係わるパルス・レーザレーダーの構成を示す
ブロック図であり、11 は主発振器、12 は従発振器、13
はミキサ、14 は N 分周器、15 は M 分周器、16 は位
相比較器、17 は低域通過濾波器、18 は N 分周器、1
9 は基準時点検出回路、21 は増幅器、22 は発光回路
である。更に、31 は受光回路、32 は増幅器、33 は
サンプルホールド回路、34 は量子化回路、35 はメモ
リ、36 はメモリ制御回路、40 は CPU、50 は受信
制御回路である。受信制御回路 50 は、N/n 分周器 5
1 乃至 56、セクタ 57、58、59、D フリップフロ
ップ 60、61、立上り検出回路 62 から構成されて
いる。

【 0 0 0 9 】主発振器 11 は水晶発振器などで構成さ
れており、高安定度の周波数 F_0 の主発振信号を発生す

る。従発振器 12 は電圧制御発振器 (VCO) で構成さ
れており、主発振器 11 の発振周波数よりも僅かに低い
周波数 F の従発振信号を発生する。ミキサ 13 は、上
記主発振信号と従発振信号とを混合することにより、差
周波 $\delta F = (F_0 - F)$ のビート信号を発生する。この
ビート信号は、位相ロックループ (PLL) を構成する
位相比較器 16 の一方の入力端子に供給される。位相比
較器 16 の他方の入力端子には、主発振器 11 から出力
された主発振信号が N 分周器 14 と M 分周器 15 とを通
過することにより、 F_0 / MN の周波数に分周されて供
給される。

【 0 0 1 0 】位相比較器 16 は、各入力端子に供給さ
れる信号の位相を比較し位相誤差信号を出力する。この
位相誤差信号は、低域通過濾波器 17 を経て制御電圧と
なって従発振器 12 を構成する電圧制御発振器の制御電
圧入力端子に供給され、従発振信号の周波数を変化さ
せる。この周波数制御のための帰還ループでは、ミキサ
13 から出力される差周波 δF が予め定められた一定値
(所定値) に等しくなるように設定されている。

【 0 0 1 1 】N 分周器 14 で分周され周波数が F_0 / N
 $= f_0$ となった信号は、送信タイミング信号 TX として
増幅器 21 を経て発光回路 22 に供給される。発光回路
22 は、レーザダイオードを主体に構成され、送信タイ
ミング信号 TX に同期して鋭いパルス状のレーザ光を
発生する。このパルス光は、送信レンズによる収束を受け
ながら接岸中の船舶などの標的に向けて発射される。標
的による反射を受けた反射パルス光は、受光レンズによ
る収束を受けながら受光回路 31 に入射する。受信回路
31 はアバランシェ・フォトダイオード (APD) を主
体に構成されており、受光パルスの波形に対応した波形
の電気パルス信号を発生する。この電気パルス信号は、
増幅器 32 による増幅を受けてサンプルホールド回路 3
3 に供給される。

【 0 0 1 2 】このサンプルホールド回路 33 には、従
発振器 12 から出力された従発振信号が N 分周器 18 で N
分周されて周波数が $F / N = f$ となった受信タイミング
信号 RX 又はフリップフロップ 60 から出力される疑似
受信タイミング信号 r_x がセクタ 58 を通して供給さ
れる。サンプルホールド回路 33 は、増幅器 32 から出
力される電気パルス信号を、受信タイミング信号 RX 又
は疑似受信タイミング信号 r_x に同期してサンプルホ
ールドする。このサンプルホールドされた電気パルス信
号は A/D 変換器 34 でデジタル信号に変換され、書込
みデータとしてメモリ 35 に供給される。

【 0 0 1 3 】メモリ制御回路 36 は、受信制御回路 50
内のセクタ 59 から出力される基準時点検出通知 RE
又は疑似基準時点検出通知 r_e を受けるたびに、メモ
リ 35 に供給するアドレス信号を、このメモリ内に互に
離散して設定された複数の書込領域の先頭アドレスの
一つに設定する。メモリ制御回路 36 は、図示しないクロ

ック信号供給回路から受けたクロック信号に同期して、A/D変換器34から出力中のデジタルデータの書き込みを指令する書き込みイネーブル信号をメモリ35に出力すると共に書き込みアドレスを歩進してゆく。

【0014】まず、図1のパルス・レーザレーダーの受信制御回路50内のセクタ58と59のそれぞれが受信タイミング信号RXと基準時点検出通知REを選択中であるものとし、この場合の動作説明を図2の波形図を参照しながら説明する。図2の(A)に示すように、一定周期 $\tau_o = 1/f_o$ で出現する送信タイミング信号TXに同期してレーザパルスが放射される。図2の(B)に示すように、上記放射の時点から時間 τ_d だけ遅延して反射レーザパルスが受信される。図2の(C)に示すように、上記受信された反射パルスは、 τ_o よりもわずかに長い一定周期 $\tau = 1/f$ で出現する受信タイミング信号RXに同期してサンプルホールドされる。

【0015】 $\tau - \tau_o = \delta\tau$ とおけば、図2の(C)に示すように、レーザパルスを放射してからサンプルホールドが行われるまでの時間が0, $\delta\tau$, $2\delta\tau$, $3\delta\tau$, ... という具合に、 $\delta\tau$ ずつ順次ずれてゆく。すなわち、時間軸上の区間 τ_o が送信のたびごとに $\delta\tau$ の幅で掃引されてゆく。受信パルス信号の幅をW(sec)とすれば、この受信パルス信号について非ゼロのサンプル値を得る回数は $W/\delta\tau$ 回となる。そして、各非ゼロのサンプル値はサンプルホールドの周期にわたってホールドされることにより τ (sec)に伸長される。この結果、受信パルス信号の幅は、 $\tau \times W/\delta\tau = (\tau/\delta\tau)W$ となり、図2(D)の波形に例示するように、 $\tau/\delta\tau \approx \tau_o/\delta\tau$ 倍だけ伸長されることになる。

【0016】主発振信号の周波数をFを150 MHz、従発振信号との差周波数 δF を2 KHzとおけば、一つの完全な受信信号波形を得るまでに行われるサンプルホールドの回数は、 $\tau_o/\delta\tau = f/(f_o - f) = f/(f_o - f) = Nf/(Nf_o - Nf) = F/\delta F = 75,000$ 回となる。また、測定可能な最大距離を750 mとおけば、 $\tau_o = 5 \mu s$ であるから、一つの完全な受信信号波形を得るまでの計測所要時間は、 $5 \mu s/\text{回} \times 75,000 \text{回} = 0.375 \text{(sec)}$ となる。

【0017】次に、図1の受信制御回路50について説明する。この受信制御回路50は、複数の分周器、セクタ、Dフリップフロップ、立上り検出回路などの論理回路から構成されている。この受信制御回路50は、一つの完全な受信信号波形を得るまでの所要時間の短縮を可能とするための回路であり、送信タイミング信号TXと、受信タイミング信号RX又はその整数倍の周波数の信号nRXなどに基き疑似受信タイミング信号rxと疑似基準時点検出通知reを生成し、上述した受信部のサンプルホールド回路33とメモリ制御回路36に供給するように構成されている。

【0018】6個の分周回路51乃至56のそれぞれ

は、従発振器12から出力される副発振信号Fを N/n 分周する($n=2, 3, 4, 5, 6, 10$)ことにより、受信タイミング信号RXのn倍の周波数(nf)の高調波信号nRXを発生する。なお、これらの高調波信号nRXは、送信タイミング信号TXをn通倍する周波数通倍器に通すことによって発生させてもよい。セクタ57は、図示しないキーボードなどを通してユーザーが入力するコマンドに従って、分周器51~56のそれぞれから出力される受信タイミング信号の高調波信号nRXのうちの一つを選択し、これを後段のDフリップフロップ60のクロック信号入力端子CKに供給する。

【0019】Dフリップフロップ60の信号入力端子Dには、送信タイミング信号TXが供給されている。この送信タイミング信号TXは、クロック信号入力端子CKに供給される受信タイミング信号の高調波信号nRXに同期してDフリップフロップ60に保持され、そのQ出力端子から疑似受信タイミング信号rxとしてセクタ58の一方の入力端子と、後段のDフリップフロップ61のクロック信号入力端子CKに供給される。Dフリップフロップ61の信号入力端子Dには、立上り検出回路60を通過した送信タイミング信号TXの立上り検出信号 α が供給されている。この立上り検出信号 α は、クロック信号入力端子CKに供給される疑似受信タイミング信号rxに同期してDフリップフロップ61に保持され、そのQ出力端子から疑似基準時点検出通知reとして出力される。

【0020】セクタ57が分周器51~56のいずれの出力も選択していない期間内は、セクタ58は分周器18から出力される受信タイミング信号RXを選択して受信部に供給すると共に、セクタ59はフリップフロップ19から出力される基準時点検出通知REを選択してメモリ制御回路36に供給する。図3は、上記期間内の受信制御回路50の動作を説明するための波形図である。この波形図では、周期 τ_o の送信タイミング信号TXと、周期 τ の受信タイミング信号RXとが $11\tau_o$ の周期で同相になる場合、すなわち $\tau_o/\delta\tau = 11$ の場合が例示されている。メモリ制御回路36は基準時点検出通知REのハイへの立上り時点を検出し、デジタル信号の格納アドレスを初期位置に設定する。なお、前述のように、実際には、 $\tau_o/\delta\tau$ は数万の桁である。

【0021】セクタ57が分周器51乃至56のうちの一つの出力を選択中の期間は、セクタ58ではフリップフロップ60から出力される疑似受信タイミング信号rxが選択され、これが受信部のサンプルホールド回路33とメモリ制御回路36とに供給される。また、セクタ59ではフリップフロップ61から出力される疑似基準時点検出通知reが選択され、これが受信部のメモリ選択回路36に供給される。

【0022】図4は、セクタ57によって分周器51の出力2RXが選択されている期間内の受信制御回路5

0 の動作を説明するための波形図である。この波形図では、周期 τ_0 の送信タイミング信号 TX と、周期 τ の受信タイミング信号 RX とが $12\tau_0$ の周期で同相になる場合、すなわち $\tau_0/\delta\tau=12$ の場合が例示されている。この場合、D フリップフロップ 60 から出力される疑似受信タイミング信号 rx は、 $12\tau_0$ の全周期の前半部分では受信タイミング信号 RX と完全に同相の関係にあり、後半部分では受信タイミング信号 RX と完全に逆相の関係にある。また、D フリップフロップ 61 から出力される疑似基準時点検出通知 re は $6\tau_0$ の周期、すなわち、 $\tau_0/\delta\tau$ 半分の周期を有しており、これがセクタ 59 を経て受信部のメモリ制御回路 36 に供給される。

【0023】図 5 は、セクタ 57 によって分周器 52 の出力 3RX が選択されている期間内の受信制御回路 50 の動作を説明するための波形図である。この波形図では、周期 τ_0 の送信タイミング信号 TX と、周期 τ の受信タイミング信号 RX とが $15\tau_0$ の周期で同相になる場合、すなわち、 $\tau_0/\delta\tau=15$ の場合が例示されて

n	1	2	3	4	5	6	10
Rmax (m)	750	375	250	187.5	150	125	75
T(ms)	375	187.5	125	93.75	75	62.5	37.5

上記最大検出距離のレンジ切替えは、キーボードや表示パネルなどからレンジ指定信号を入力させ、図 1 のセクタ 57、58 及び 59 の選択状態を変更することによって行われる。

【0026】従って、受信制御回路を追加し、検出可能な最大距離に応じて最適の n を設定することにより、検出対象の物体が近づくにつれて短い計測所要時間 T のもとにその物体までの距離や、検出距離に基づく接近速度の検出を行うことができる。特に、接岸速度計などの接近検出装置では、接近中の船舶などの物体が近距離になるほど棧橋側の迅速な対応が必要になるため、検出所要時間が短縮できることは大きな利点になる。

【0027】以上、基準時点検出回路として複数の分周器、セクタ、立上り検出回路などを利用する構成を例示した。しかしながら、送信タイミング信号と受信タイミング信号の一致を検出する適宜な回路を設置し、この一致した時点から送信タイミング信号のカウントを開始しこのカウント値が所定値に達したことをもって疑似基準時点を検出する構成など、他の適宜な構成を採用できる。

【0028】また、レーザレーダーの場合を例示した。しかしながら、電波を送信しその反射波を受信する電波式のレーダーや超音波レーダーなど他の波動を利用するパルスレーダーに本発明を適用できる。

いる。この場合、D フリップフロップ 60 から出力される疑似受信タイミング信号 rx の位相は、 $15\tau_0$ の全周期の最初の $1/3$ の $5\tau_0$ にわたる期間内は受信タイミング信号 RX と完全に同相の関係にあり、次の $1/3$ の $5\tau_0$ にわたる期間内は受信タイミング信号 RX よりも 120° 進んだ関係にあり、最後の $1/3$ の $5\tau_0$ にわたる期間内は受信タイミング信号 RX よりも 240° 進んだ関係にある。D フリップフロップ 61 から出力される疑似タイミング信号 re は、 $5\tau_0$ の周期、すなわち $\tau_0/\delta\tau$ の $1/3$ の周期でハイに立上がる。

【0024】上述のように、分周器 51 乃至 56 から出力される周波数 n f の信号 nRX の一つを選択することにより、疑似基準時点の間隔、すなわち 1 回の計測所要時間を従来の固定期間 $\tau_0/\delta\tau$ の n 分の 1 に変更することができる。すなわち、上記 n の値を変更した場合の測定可能な最大距離と Rmax と基準時点の間隔、すなわち計測所要時間 T との関係は以下ようになる。

【0025】

【0029】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明のパルスレーダーは、受信制御回路を導入することにより、パルスの送信周期 τ_0 を不変に保ちながらその区間内の掃引をその整数分の 1 の区間で打ち切ってしまう直ちに次の掃引を開始する構成であるから、検出対象の物体が近づくにつれてより短時間でその物体までの距離を検出できるので迅速な対応が可能になり、レーダーとしての機能が大幅に向上するという効果が奏される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例のパルス・レーザレーダーの構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 のパルス・レーザレーダーの動作を説明するための波形図である。

【図 3】図 1 の受信制御回路の動作を説明するための波形図である。

【図 4】図 1 の受信制御回路の動作を説明するための波形図である。

【図 5】図 1 の受信制御回路の動作を説明するための波形図である。

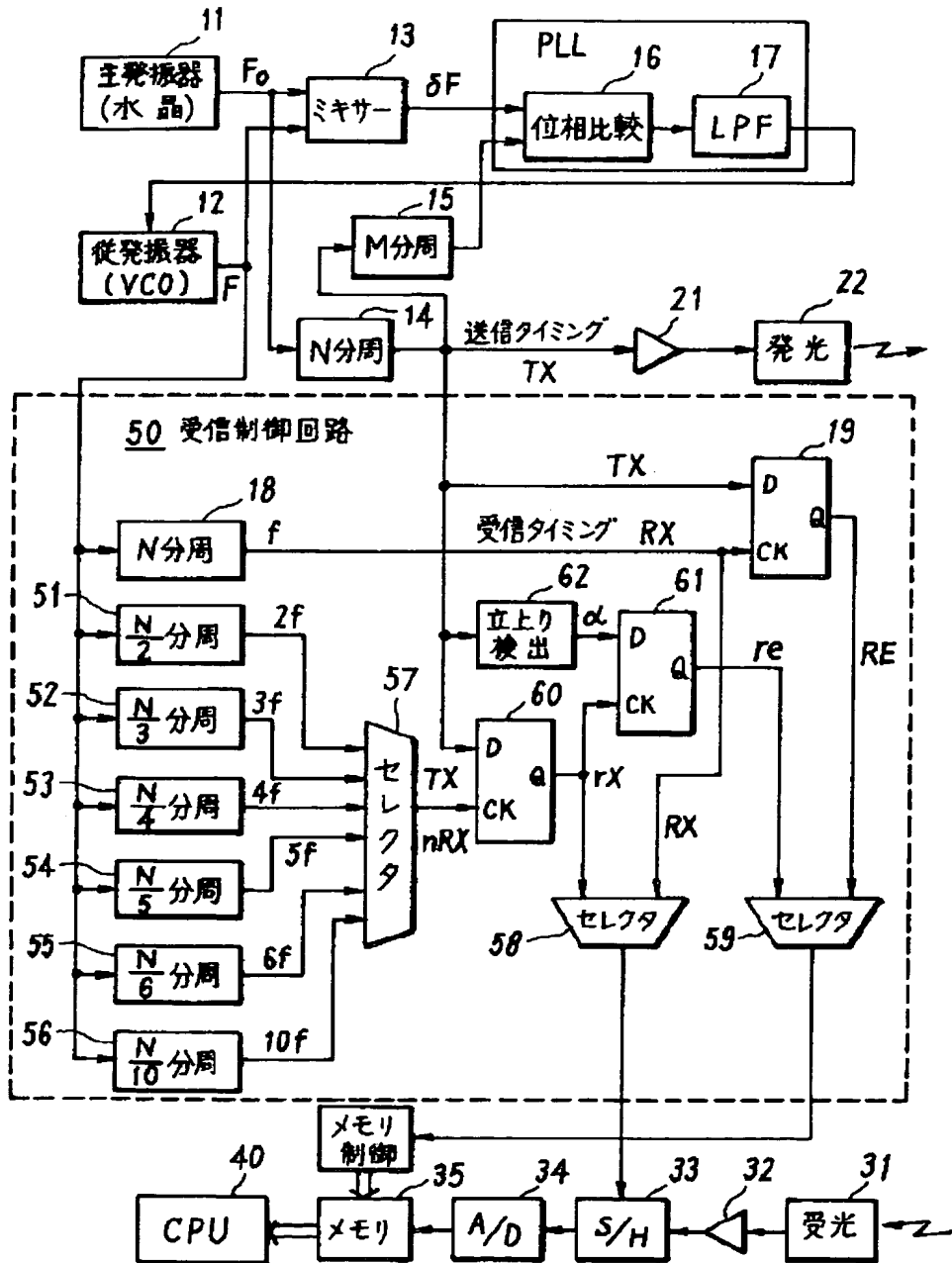
【符号の説明】

11 主発振器
12 従発振器
13 ミキサ

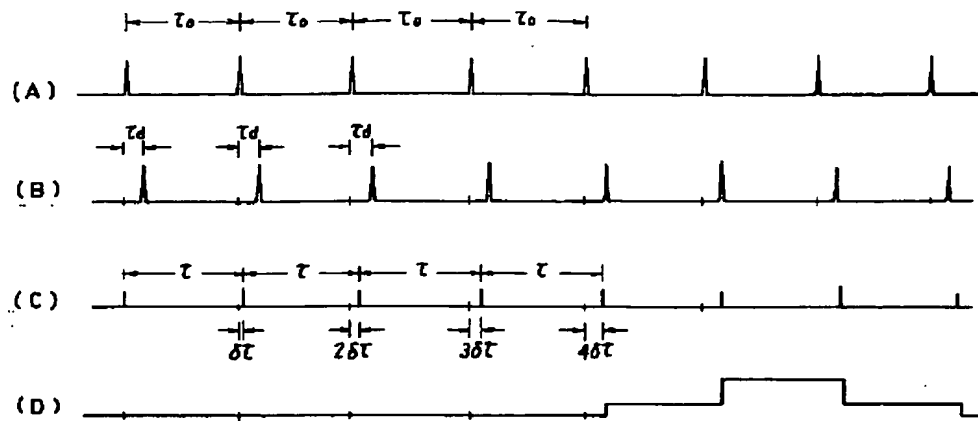
- 14, 15 分周器
 16 位相比較器
 22 発光回路 (レーザダイオード)
 31 受光回路 (APD)

- 33 サンプルホールド回路
 50 基準時点検出回路
 51~56 分周器

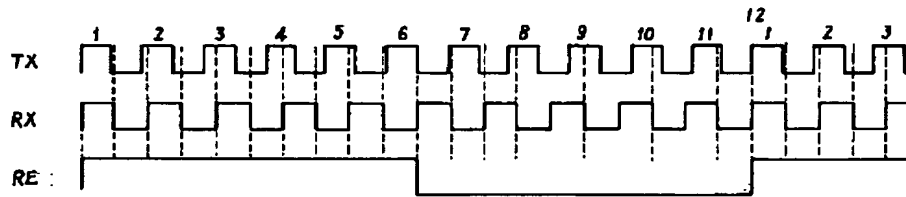
【図 1】



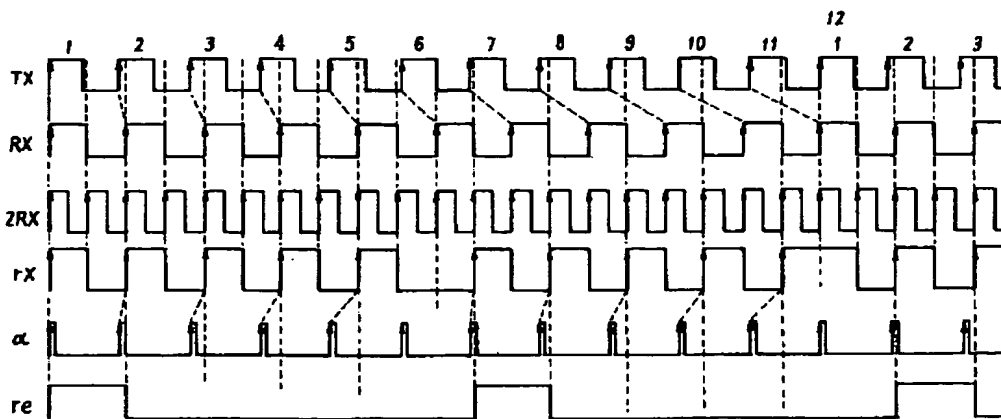
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

